

Ганжа Ю.В. аспірант спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
Науковий керівник: Пашенко О.А., к.т.н., доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ВИСОКОШВИДКІСНА ЗЙОМКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИВЧЕННЯ ДИНАМІКИ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Розвиток гірничої промисловості та видобувних технологій вимагає розуміння процесів руйнування гірських порід, що сприяє підвищенню ефективності буріння та безпеки робіт. Високошвидкісна зйомка (ВШЗ) є сучасним та потужним методом дослідження, що дозволяє вивчати динамічні процеси при руйнуванні порід у реальному часі. Використання ВШЗ у дослідженнях процесів руйнування гірських порід допомагає виявити тонкі механізми та взаємодії під час буріння, що має велике значення для оптимізації технічних параметрів та зменшення витрат у гірничій промисловості [1].

Застосування високошвидкісної зйомки в умовах буріння гірських порід дозволяє отримати дані про процеси деформації, руйнування та тріщиноутворення. За допомогою ВШЗ можна дослідити кінетику розповсюдження тріщин у матеріалі, що дозволяє оцінити ефективність роботи інструменту і вплив механічних параметрів на руйнування порід. Високошвидкісна камера фіксує процеси з частотою від кількох тисяч до мільйона кадрів на секунду, що дозволяє розглянути події в деталях, недоступних при використанні стандартних методів [2].

Однією з переваг ВШЗ є можливість аналізу процесів за допомогою посткадрової обробки зображень, що дає можливість відстежувати зміну параметрів руйнування в часі. Наприклад, при бурінні гірських порід різцем з надтвердого матеріалу, таким як PDC (Polycrystalline Diamond Compact), можна відслідковувати траєкторію руху частинок породи, що утворюються при зіткненні з різцем. Це допомагає зрозуміти, яким чином змінюється ефективність інструменту в залежності від умов навантаження, швидкості обертання різця та характеристик оброблюваного матеріалу.

Значну увагу у ВШЗ приділяють питанням впливу структурних характеристик гірських порід на процес їх руйнування. Кожен тип породи має унікальні фізико-механічні характеристики, такі як щільність, пористість, міцність на стиск та зсув. Високошвидкісна зйомка дозволяє вивчити, як різні породи поведуть себе під дією навантажень, що сприяє підбору найбільш ефективного інструменту і методики буріння для кожного типу породи. Так, твердість та крихкість матеріалу впливають на характер тріщин і швидкість їх розповсюдження, що може бути точно зафіксовано за допомогою високошвидкісної зйомки [3].

Методика високошвидкісної зйомки (ВШЗ) дозволяє детально вимірювати параметри ударного впливу та зусиль на різець у процесі буріння. Це критично важливо для оптимізації всього процесу, адже точне розуміння впливу цих параметрів дає змогу визначати найбільш енергоефективні режими роботи, при яких різець не тільки ефективно розщеплює породу, а й зберігає свою цілісність на тривалий час [4].

Параметри ударного впливу вимірюються шляхом зйомки високошвидкісною камерою зі швидкістю до декількох мільйонів кадрів на секунду, що дозволяє фіксувати навіть найменші зміни в момент контакту різця з поверхнею породи. Цей процес дозволяє побачити, як сила удару розподіляється на різні ділянки різця, а також як порода відповідає на цей вплив. Наприклад, на зйомках можна спостерігати етапи утворення тріщин і швидкість їх поширення, що дає змогу проаналізувати, як різець входить в породу та як порода руйнується при контакті з ним.

Крім того, методика дозволяє точно виміряти зусилля, які діють на різець під час буріння. Зміни у прикладеній силі під різними кутами атаки різця і при різних швидкостях обертання можуть суттєво змінювати ефективність роботи інструмента. На основі таких спостережень можна визначити оптимальний кут входу різця в породу і швидкість обертання, за яких витрати енергії будуть мінімальними, а ефективність руйнування – максимальною.

Завдяки високошвидкісній зйомці також можливо проводити оцінку зносу різця, що є важливим фактором для прогнозування його тривалості роботи. Спостерігаючи за процесом утворення тріщин і руйнування породи, можна виявити області різця, що піддаються найбільшому навантаженню, та визначити причини його зношування. Це дозволяє інженерам модифікувати дизайн інструмента та обирати оптимальні матеріали для його виготовлення, зважаючи на специфічні умови роботи з певним типом порід.

Використання ВШЗ також сприяє підбору матеріалів, які забезпечують найкращі експлуатаційні характеристики різця для різних типів порід. Залежно від жорсткості, в'язкості і крихкості матеріалу, з якого виготовлена порода, різець може поводитися по-різному. Наприклад, для твердих порід, що легко розтріскуються, підходять матеріали різця з підвищеною твердістю, тоді як для в'язких порід ефективними будуть матеріали з високою зносостійкістю і жорсткістю. Спостереження, зроблені завдяки ВШЗ, дозволяють визначити ці особливості і підбирати матеріали та режими роботи, які сприяють продовженню терміну служби інструментів. ВШЗ дає змогу відстежувати еволюцію тріщин у різних режимах навантаження, що є корисним для розробки математичних моделей руйнування матеріалів. На основі отриманих даних можуть бути створені симуляції процесу буріння, що дозволяє ще на етапі проектування обирати оптимальні інструменти та режими буріння.

Результати досліджень, проведених з використанням високошвидкісної зйомки, свідчать про ефективність цього методу для аналізу динаміки руйнування порід та розкриття механізмів взаємодії інструменту з матеріалом. ВШЗ відкриває нові можливості для розробки більш продуктивних і довговічних інструментів, підвищення точності прогнозування зносу і зменшення витрат при видобутку.

Таким чином, використання високошвидкісної зйомки як інструмента для вивчення динаміки руйнування гірських порід є перспективним напрямом у науці і техніці, що має значний потенціал для розвитку гірничої галузі.

Список використаних джерел:

1. Karpov, Vladimir & Konurin, A.. (2024). Experience and perspectives of application of research methods of rock mechanical destruction processes during drilling of wells. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 25. 41-78. 10.26730/2618-7434-2024-2-41-78.
2. Kononenko, Maksym & Khomenko, Oleh & Sadovenko, I & Sobolev, V. (2023). Mathematical simulation of rock mass destruction zones by explosion. 72. 40-52. 10.33271/crpnmu/72.040.
3. Aleinikov, Arkady & Belikov, Victor & Eppelbaum, Lev & Nemzorov, Nikolai. (2023). Rock Destruction and Dangerous Geodynamic Processes in the Earth: A Review. 10.9734/bpi/fraps/v1/9744F.
4. Malykh, D & Titov, D & Eremenko, G. (2024). Dynamic interaction of borehole charges groups in time and its effect on the explosive destruction of a rock mass. *Collection of Research Papers of the National Mining University*. 81-90. 10.33271/crpnmu/76.081.